

**PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN SUDU SAVONIUS
PADA *HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE* TERHADAP
*POWER GENERATION***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh:

**TAUFAN APHA SANDITYA
NIM. I1414038**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TRANSFER TEKNIK MESIN

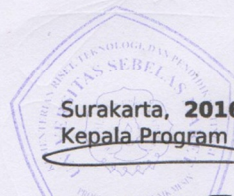
Jl Ir Sutami No. 36A Kentingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : **S1 Transfer Teknik Mesin**
Nomor : **0722/TA/S1/06/2016**

Nama : **TAUFAN APHA SANDITYA**
NIM : **11414038**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT/197106151998021002**
Pembimbing 2 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001**
2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT/
197403262000031001
3. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng/
198308182014041001
Mata Kuliah Pendukung
1. AERO DAN HIDRO DINAMIKA (MS06033-10)
2. TURBIN (MS04043-15)
3. POMPA DAN KOMPRESOR (MS06103-15)

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN SUDU SAVONIUS
PADA HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE TERHADAP
POWER GENERATION"**



Surakarta, **2016-06-08 10:11:44**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. **197106151998021002**

Tembusan :

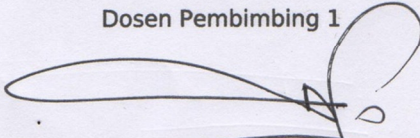
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

**PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN SUDU SAVONIUS PADA
HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE TERHADAP POWER GENERATION**

Disusun Oleh

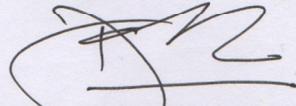
TAUFAN APHA SANDITYA
NIM : 11414038

Dosen Pembimbing 1



DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

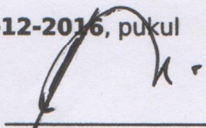
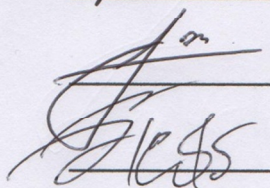
Dosen Pembimbing 2



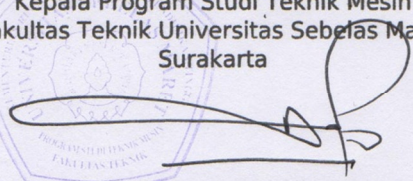
D. DANARSONO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **22-12-2016**, pukul **10:00:00**, bertempat di **M.101, gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
197104251999031001
2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT
197403262000031001
3. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng
198308182014041001

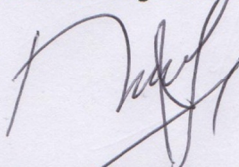



Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN SUDU SAVONIUS PADA HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE TERHADAP POWER GENERATION

Taufan Apha Sandiya

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

E-mail: taufansanditya07@gmail.com

Abstrak

Energi air merupakan salah satu potensi untuk menciptakan pembangkit listrik alternatif khususnya tenaga pikohidro. Savonius merupakan jenis turbin angin yang dapat beroperasi dengan memanfaatkan kecepatan alir fluida yang relatif rendah, dimana penelitian tentang pemanfaatan turbin Savonius ini telah dikembangkan di aliran air dalam pipa dan di gelombang air laut. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian secara eksperimental pada *Horizontal Axis Water Turbine* (HAWT) tipe Savonius dengan mengamati pengaruh sudut kelengkungan sudu 110° , 120° , 130° , dan 140° pada debit 176,4 lpm, 345 lpm, 489,6 lpm, dan 714 lpm untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pada sudut kelengkungan sudu 120° didapatkan hasil paling optimal pada setiap variasi debit. Pada debit maksimal yaitu 714 lpm dengan sudut kelengkungan sudu 120° dapat menghasilkan daya listrik *output* sebesar 39,15 Watt dengan koefisien daya (C_p) 0,23 dan *tip speed ratio* (TSR) 1,075.

Kata kunci: pikohidro, sudut kelengkungan sudu, Savonius, *power generation*

EFFECT OF BLADE ARC ANGLE OF SAVONIUS HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE TO THE POWER GENERATION

Taufan Apha Sandiya

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

E-mail: taufansanditya07@gmail.com

Abstract

The water energy is one of potential alternative in creating power generation specifically for the picohydro energy. Savonius is a kind of wind turbine which is able to be operated utilizing the energy from low fluid flow. Researches about the utilization of Savonius turbine have been developed in the water pipelines and wave. The testing experimental on the Savonius Horizontal Axis Water Turbine (HAWT) by observing the effect of the blade arc angle of 110°, 120°, 130°, and 140° at the debit of 176.4 lpm, 345 lpm, 489.6 lpm, and 714 lpm in order to know the power output was already conducted. The optimal result in every debit variation was obtained in the blade arc angle of 120°. In the maximum debit of 714 lpm with blade arc angle of 120° the power output is 39.15 Watt with the coefficient power (C_p) of 0.23 and tip speed ratio (TSR) of 1.075.

Keywords: Picohydro, blade arc angle, Savonius, power generation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Savonius Pada *Horizontal Axis Water Turbine Terhadap Power Generation*”**. Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu mata kuliah dan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam menyusun skripsi ini penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan rahmat serta hidayah-Nya saya dapat melaksanakan skripsi dengan baik dan lancar.
2. Ayah dan Ibu yang telah memberikan doa dan dorongan serta motivasi baik moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Syamsul Hadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan nasehat, arahan, dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak D. Danardono, S.T., M.T., PhD., selaku dosen pembimbing II yang turut serta memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T., M.T., bapak Dr. Budi Kristiawan ST. MT., dan bapak Sukmaji Indro Cahyono, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran membangun demi sempurnanya skripsi ini.
6. Ibu Indri Yaningsih, S.T., M.T., selaku pembimbing akademis yang telah memberikan bimbingan dan semangat selama melaksanakan perkuliahan.
7. Bapak Dr. Nurul Muhyat S.T., M.T., selaku koordinator TA yang telah membantu kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Bapak serta Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta yang turut serta mendidik penulis hingga

menyelesaikan studi S1.

9. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin (Transfer) 2014 yang telah banyak membantu dan memberi dorongan moril, fasilitas serta motivasi sehingga terselesainya penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi masih terdapat kekurangan. Kritik dan saran dari berbagai pihak akademis maupun umum selalu penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT PENUGASAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	10
2.2.1. Persamaan Dasar Bernoulli	10
2.2.2. Turbin Air	11
2.2.2.1. Turbin Impuls	12
2.2.2.2. Turbin Reaksi	13
2.2.3. Pemilihan Turbin Air	15
2.3. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan	16
2.3.1. Debit Aliran Fluida (Q_f)	16
2.3.2. Kecepatan Fluida (U)	16

2.3.3. Daya Fluida <i>Input</i> (P_i)	17
2.3.4. Daya Listrik <i>Output</i> (P_o)	17
2.3.5. <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	17
2.3.6. Koefisien Daya (C_p)	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Tempat Penelitian	19
3.2. Desain	19
3.3. Spesimen yang Diuji	20
3.4. Skema Alat Penelitian	21
3.5. Alat Ukur dan Komponen Pengujian	23
3.6. Pra Studi	28
3.7. Garis Besar Penelitian	31
3.8. Pelaksanaan Penelitian	31
3.9. Prosedur Penelitian	31
3.9.1. Tahap Persiapan	31
3.9.2. Pengambilan Data Variasi Debit	31
3.9.3. Pengambilan Data Putaran turbin, Arus, dan Tegangan listrik	32
3.10. Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Studi Simulasi Turbin Savonius dengan Variasi Sudut Kelengkungan Sudu	35
4.2. Perhitungan Data	39
4.3. Analisa Data	39
4.3.1. Debit	39
4.3.2. Daya Fluida <i>Input</i>	39
4.3.3. Kecepatan Aliran Fluida Masuk	40
4.4. Analisa Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Putaran Turbin ..	41
4.5. Analisa Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Tegangan	43
4.6. Analisa Pengaruh <i>Tip Speed Ratio</i> Terhadap Koefisien Daya	44
4.7. Daya Listrik <i>Output</i>	45
BAB V PENUTUP	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	48

DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Ukuran <i>concentrator</i>	9
Tabel 2.2. Pengelompokan turbin air	11
Tabel 4.1. Pengaruh sudut kelengkungan sudu terhadap torsi	38
Tabel 4.2. Variasi debit dan <i>head</i> yang dihasilkan	39
Tabel 4.3. Kecepatan fluida	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Susunan geometris sudu (<i>blade</i>)	4
Gambar 2.2. Blok diagram <i>electrical generation</i> menggunakan sistem RWH	5
Gambar 2.3. Savonius rotor secara konvensional	6
Gambar 2.4. Modifikasi Savonius rotor dengan poros	6
Gambar 2.5. Modifikasi Savonius rotor tanpa poros	7
Gambar 2.6. Tiga gambar <i>concentrator</i>	8
Gambar 2.7. Geometri rotor sudut kelengkungan sudu 60°	9
Gambar 2.8. Skematik turbin Savonius	10
Gambar 2.9. Skema aliran pada turbin Pelton	12
Gambar 2.10. Segitiga kecepatan turbin Pelton	12
Gambar 2.11. Skema aliran pada turbin Francis	13
Gambar 2.12. Segitiga kecepatan turbin Francis	14
Gambar 2.13. Pengaplikasian berbagai jenis turbin air berdasarkan <i>head</i> dan debit	15
Gambar 3.1. Skema desain sudut kelengkungan sudu turbin	19
Gambar 3.2. Variasi turbin Savonius	20
Gambar 3.3. Skema alat penelitian	21
Gambar 3.4. Ilustrasi aliran fluida	22
Gambar 3.5. <i>Tachometer</i>	23
Gambar 3.6. Multitester	23
Gambar 3.7. <i>Stopwatch</i>	24
Gambar 3.8. Ember ukur	24
Gambar 3.9. <i>Mistar roll</i>	25
Gambar 3.10. Alternator	25
Gambar 3.11. Dioda penyearah	26
Gambar 3.12. Rumah turbin (<i>Housing</i>)	26
Gambar 3.13. Pompa sentrifugal	27
Gambar 3.14. Katup (<i>Stop kran</i>)	27

Gambar 3.15. (a) Tangki bawah (b) Tangki atas	28
Gambar 3.16. Hasil <i>surface plot</i>	30
Gambar 3.17. Hasil <i>flow trajectories</i>	30
Gambar 3.18. Diagram alir penelitian	34
Gambar 4.1. Distribusi kecepatan fluida pada sudut kelengkungan sudu 110° sampai dengan 140°	35
Gambar 4.2. Kontur tekanan pada sudut kelengkungan sudu 110° sampai dengan 140°	37
Gambar 4.3. Grafik pengaruh sudut kelengkungan sudu dengan torsi	39
Gambar 4.4. Grafik perbandingan besarnya daya fluida <i>input</i> dengan debit air	40
Gambar 4.5. Luas penampang deflektor	41
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara sudut kelengkungan sudu dengan putaran turbin	42
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara sudut kelengkungan sudu dengan tegangan	43
Gambar 4.8. Grafik hubungan antara <i>TSR</i> terhadap <i>C_p</i> pada sudut kelengkungan 110° sampai dengan 140°	44
Gambar 4.9. Grafik hubungan antara sudut kelengkungan sudu dengan daya listrik <i>output</i> yang dihasilkan	46

DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan (2.1) Persamaan dasar Bernoulli	10
Persamaan (2.2) Debit aliran fluida	16
Persamaan (2.3) Kecepatan fluida	16
Persamaan (2.4) Daya fluida <i>input</i>	17
Persamaan (2.5) Daya listrik <i>output</i>	17
Persamaan (2.6) <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i>	17
Persamaan (2.7) Kecepatan sudut	18
Persamaan (2.8) Koefisien daya	18
Persamaan (2.9) Daya turbin	18

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data hasil percobaan	52
Lampiran 2 Perhitungan data eksperimental	56
Lampiran 3 Rekapitulasi hasil perhitungan	58
Lampiran 4 Perhitungan luas penampang $\frac{1}{2}$ diameter lingkaran pipa	59
Lampiran 5 Perhitungan efisiensi alternator	60
Lampiran 6 <i>Physical Properties of Water (SI Units)</i>	62